

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-293480

(43)Date of publication of application : 26.10.1999

(51)Int.Cl.

C23F 4/00
G11B 5/31
H01L 21/3065

(21)Application number : 10-323885

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 13.11.1998

(72)Inventor : MATSUKUMA KOJI

(30)Priority

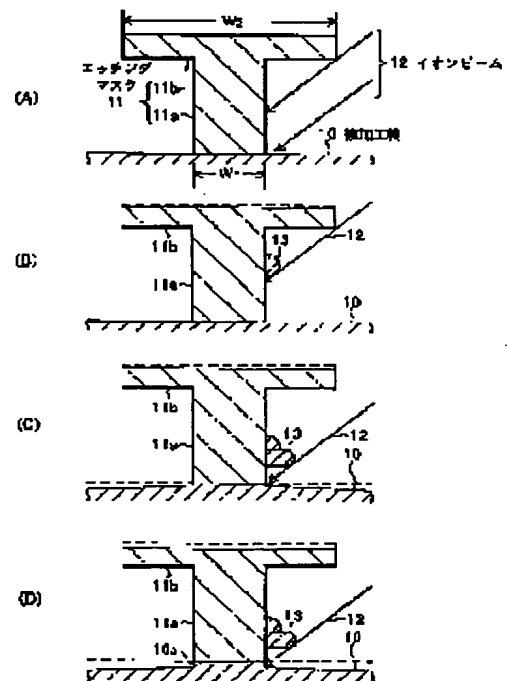
Priority number : 09357844 Priority date : 25.12.1997 Priority country : JP

(54) ETCHING MASK, ITS MANUFACTURE AND ETCHING METHOD AS WELL AS MAGNETIC HEAD AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an etching mask which allows the accurate execution of anisotropic etching by dry etching and is capable of forming patterns of a rectangular shape in section on a workpiece and a method for manufacturing the same.

SOLUTION: The etching mask 11 is formed of a metallic material, such as 'Permalloy (R)' (NiFe), and its cross section is formed to a Tee shape consisting of a vertical bar part 11a of a width W1 and a cross bar part 11b of a width W2. If ion beam etching is executed by using this etching mask 11, the region of the surface of the work piece 10 not covered with the etching mask 11 is selectively chipped off by the cast ion beam 12. The region of a shadow by the cross bar part 11b with respect to the vertical bar part 11a is formed at the etching mask 11 and the redeposition part 13 of the splashed material is formed, by which the width of the region near the boundary with the workpiece 10 of the vertical bar part 11a to substantially determine the pattern width is prevented from changing.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-293480

(43) 公開日 平成11年(1999)10月26日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

C 2 3 F 4/00

C 2 3 F 4/00

A

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

M

C

D

K

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-323885

(71) 出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(22) 出願日 平成10年(1998)11月13日

(72) 発明者 松熊 浩司

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(31) 優先権主張番号 特願平9-357844

(32) 優先日 平9(1997)12月25日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

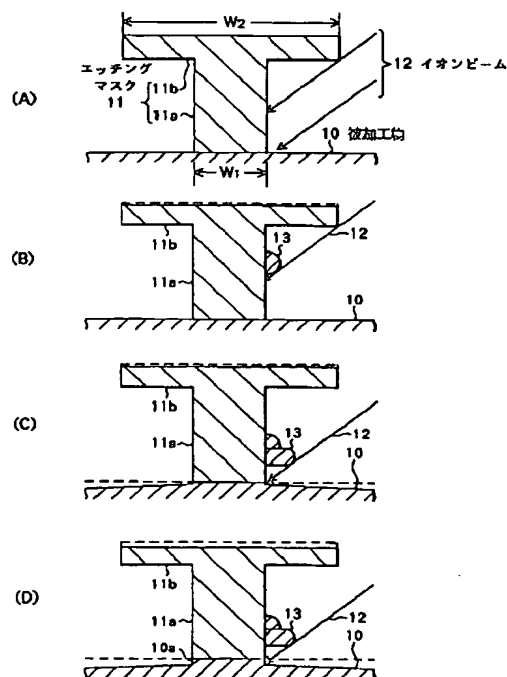
(74) 代理人 弁理士 星宮 勝美 (外2名)

(54) 【発明の名称】 エッチングマスク、その作製方法およびエッチング方法、並びに磁気ヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ドライエッチングによる異方性エッチングを精度良く行うことができ、被加工物に対して断面が矩形状のパターンを形成することができるエッチングマスクおよびその作製方法を提供する。

【解決手段】 エッチングマスク11は、パーマロイ (NiFe) 等の金属材料により形成され、かつ、その断面が幅 W_1 の縦バー部11aと幅 W_2 の横バー部11bとからなるT字形状に形成されている。エッチングマスク11を用いてイオンビームエッチングを行うと、照射されたイオンビーム12により被加工物10の表面のエッチングマスク11によって覆われていない領域が選択的に削り取られる。エッチングマスク11では、縦バー部11aに対して横バー部11bによる影の領域が形成されると共に、飛散した金属材料の再付着部13が形成されることにより、実質的にパターン幅を決定する縦バー部11aの被加工物10との界面の近傍領域の幅は変化することがない。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被加工物を選択的にエッチングする際に用いられるマスクであって、

金属材料により形成されると共に、被加工物のパターン幅を決定する矩形状の第 1 の領域と、エッチング時ににおいて前記第 1 の領域の側壁面へのエッチングビームの照射を遮断する領域となる第 2 の領域とを含む断面形状を有することを特徴とするエッチングマスク。

【請求項 2】 断面形状が T 字形状であることを特徴とする請求項 1 記載のエッチングマスク。

【請求項 3】 断面形状が、一方の端面が被加工物の表面に接触する縦バー部と、この縦バー部の他方の端面側に設けられた前記縦バー部より幅広の横バー部とを含み、前記縦バー部の幅により被加工物のパターン幅を決定することを特徴とする請求項 1 または 2 記載のエッチングマスク。

【請求項 4】 金属材料が、NiFe、NiB、NiP、Cu、Au、あるいはCoまたはTaを含有する合金の群のうちのいずれかから選択されたことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のエッチングマスク。

【請求項 5】 金属材料により形成されると共にその断面が縦バー部および横バー部を含む T 字形状のエッチングマスクを作製するための方法であって、被加工物上にマスク形成用膜を形成した後、前記マスク形成用膜に対して被加工物に達する所定の幅の開口を形成する工程と、前記マスク形成用膜の開口およびその周辺領域に対して金属膜を形成することによりエッチングマスクを作製した後、前記マスク形成用膜を除去する工程とを含むことを特徴とするエッチングマスクの作製方法。

【請求項 6】 前記マスク形成用膜の膜厚をエッチングマスクの縦バー部の高さに合わせると共に、前記マスク形成用膜に形成する開口の幅を前記エッチングマスクの縦バー部の幅に合わせること特徴とする請求項 5 記載のエッチングマスクの作製方法。

【請求項 7】 金属材料により形成されると共に、その断面が縦バー部および横バー部を含む T 字形状のエッチングマスクを作製するための方法であって、被加工物上に所定の厚さのマスク形成用膜を形成した後、前記マスク形成用膜の所定の幅領域に対して前記被加工物に達する程度の露光量で第 1 の露光を行う工程と、

第 1 の露光を行った後に、前記マスク形成用膜の第 1 の露光領域よりも幅の広い領域に対して第 1 の露光よりも少ない露光量で第 2 の露光を行うことにより T 字形状の露光領域を形成する工程と、

前記マスク形成用膜の露光領域を選択的に除去して T 字形状の開口を形成する工程と、

前記マスク形成用膜の開口に金属膜を形成することによ

りエッチングマスクを作製した後、前記マスク形成用膜を除去する工程とを含むことを特徴とするエッチングマスクの作製方法。

【請求項 8】 前記マスク形成用膜の膜厚をエッチングマスクの高さに合わせると共に、前記マスク形成用膜の第 1 の露光により形成する開口の幅を縦バー部の幅、第 2 の露光により形成する開口の幅を横バー部の幅にそれぞれ合わせること特徴とする請求項 7 記載のエッチングマスクの作製方法。

10 【請求項 9】 金属材料により形成されると共にその断面が縦バー部および横バー部を含む T 字形状のエッチングマスクを作製するための方法であって、

被加工物上に第 1 のマスク形成用膜を形成した後、前記第 1 のマスク形成用膜に被加工物に達する所定の幅の第 1 の開口を形成する工程と、

前記第 1 の開口に金属膜を形成した後、前記第 1 のマスク形成用膜を除去する工程と、

前記金属膜および被加工物上に第 2 のマスク形成用膜を形成した後、前記第 2 のマスク形成用膜に前記金属膜に達すると共に前記金属マスクより幅の広い第 2 の開口を形成する工程と、

前記第 2 の開口に金属膜を形成して断面 T 字形状のエッチングマスクを作製した後、前記第 2 のマスク形成用膜を除去する工程とを含むことを特徴とするエッチングマスクの作製方法。

【請求項 10】 金属材料により形成されると共に、その断面が縦バー部および横バー部を含む T 字形状のエッチングマスクを作製するための方法であって、

30 被加工物上に第 1 のマスク形成用膜を形成した後、前記第 1 のマスク形成用膜に被加工物に達する所定の幅の第 1 の開口を形成する工程と、

前記第 1 の開口内に金属膜を形成した後、前記金属膜および第 1 のマスク形成用膜の上に第 2 のマスク形成用膜を形成し、前記第 2 のマスク形成用膜に前記金属膜に達すると共に前記金属膜より幅の広い第 2 の開口を形成する工程と、

40 前記第 2 の開口に金属膜を形成して断面 T 字形状のエッチングマスクを作製した後、前記第 1 のマスク形成用膜および前記第 2 のマスク形成用膜を除去する工程とを含むことを特徴とするエッチングマスクの作製方法。

【請求項 11】 前記第 1 のマスク形成用膜の膜厚をエッチングマスクの縦バー部の高さに合わせると共に、前記第 1 のマスク形成用膜に形成する第 1 の開口の幅を縦バー部の幅に合わせ、かつ、前記第 2 のマスク形成用膜に形成する第 2 の開口の幅を横バー部の幅に合わせること特徴とする請求項 9 または 10 記載のエッチングマスクの作製方法。

【請求項 12】 前記金属膜をめっき法により形成することを特徴とする請求項 5 ないし 11 のいずれか 1 項に記載のエッチングマスクの作製方法。

【請求項13】 前記めっき法は無電解めっき法であることを特徴とする請求項12記載のエッチングマスクの作製方法。

【請求項14】 金属材料により形成されると共に、T字形状の断面を有するエッチングマスクを被加工物上に形成した後、前記エッチングマスクを利用してドライエッチングを行うことにより被加工物の微細加工を行うことを特徴とするエッチング方法。

【請求項15】 前記ドライエッチングをイオンビームエッチング法により行うことを特徴とする請求項14記載のエッチング方法。

【請求項16】 第1の書き込み磁極、この第1の書き込み磁極に対応した第2の書き込み磁極、および第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極との間に介在するギャップ層を有するインダクティブ書き込みヘッド部を備えた磁気ヘッドであって、前記第2の書き込み磁極は、その側壁面が前記ギャップ層の表面に対して実質的に垂直な矩形状の断面を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項17】 第1の書き込み磁極、この第1の書き込み磁極に対応した第2の書き込み磁極、および第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極との間に介在するギャップ層を有するインダクティブ書き込みヘッド部を備えた磁気ヘッドであって、前記第1の書き込み磁極の少なくとも一部、前記ギャップ層および前記第2の書き込み磁極は互いに同一幅に形成されると共に、それぞれその側壁面が下地層の表面に対して実質的に垂直な矩形状の断面を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項18】 第1の書き込み磁極、この第1の書き込み磁極に対応した第2の書き込み磁極、および第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極との間に介在するギャップ層を有するインダクティブ書き込みヘッド部を備えた磁気ヘッドであって、前記ギャップ層および前記第1の書き込み磁極が、磁性材料により形成されると共にT字形状の断面を有するエッチングマスクを用いたドライエッチングにより形成されたものであり、かつ、前記エッチングマスクが第2の書き込み磁極であることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項19】 更に、2つシールド層に挟まれた磁気抵抗効果層を有する磁気抵抗効果読み出しヘッド部を備え、この磁気抵抗効果読み出しヘッド部の一方のシールド層が前記インダクティブ書き込みヘッド部の第1の書き込み磁極を兼ねていることを特徴とする請求項16または18記載の磁気ヘッド。

【請求項20】 第1の書き込み磁極、この第1の書き込み磁極に対応した第2の書き込み磁極および第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極との間に介在するギャップ層を有するインダクティブ書き込みヘッド部を備えた磁気ヘッドの製造方法であって、

第1の書き込み磁極となる層、ギャップ層および第2の書き込み磁極となる層をこの順で順次積層した後、前記第2の書き込み磁極となる層の上に、金属材料により形成されると共にT字形状の断面を有するエッチングマスクを作製する工程と、

前記エッチングマスクを用いたドライエッチングにより、前記第2の書き込み磁極となる層を選択的に除去して断面を矩形状に加工する工程とを含むことを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項21】 第1の書き込み磁極、この第1の書き込み磁極に対応した第2の書き込み磁極および第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極との間に介在するギャップ層を有するインダクティブ書き込みヘッド部を備えた磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第1の書き込み磁極となる層、ギャップ層および第2の書き込み磁極となる層をこの順で積層した後、前記第2の書き込み磁極となる層の上に、金属材料により形成されると共にT字形状の断面を有するエッチングマスクを作製する工程と、

前記エッチングマスクを用いたドライエッチングにより、前記第2の書き込み磁極となる層、ギャップ層、および第1の書き込み磁極となる層の中間深さまでの領域をこの順で選択的に除去して断面を矩形状に加工する工程とを含むことを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項22】 第1の書き込み磁極、この第1の書き込み磁極に対応した第2の書き込み磁極および第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極との間に介在するギャップ層を有するインダクティブ書き込みヘッド部を備えた磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第1の書き込み磁極となる層およびギャップ層を積層した後、前記ギャップ層の上に、磁性材料により形成されると共にT字形状の断面を有し前記第2の書き込み磁極となるエッチングマスクを作製する工程と、

前記エッチングマスクを用いたドライエッチングにより、前記ギャップ層、および第1の書き込み磁極となる層の中間深さまでの領域をこの順で選択的に除去して断面を矩形状に加工する工程とを含むことを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項23】 前記エッチングマスクを作製する工程を、請求項5記載の方法により行うことを特徴とする請求項20ないし22のいずれか1項に記載の磁気ヘッドの製造方法。

【請求項24】 前記エッチングマスクを作製する工程を、請求項7記載の方法により行うことを特徴とする請求項20ないし22のいずれか1項に記載の磁気ヘッドの製造方法。

【請求項25】 前記エッチングマスクを作製する工程を、請求項9記載の方法により行うことを特徴とする請求項20ないし22記載のいずれか1項に記載の磁気ヘッドの製造方法。

【請求項26】 前記エッチングマスクを作製する工程を、請求項10記載の方法により行うことを特徴とする請求項20ないし22記載のいずれか1項に記載の磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微細加工に用いられるエッチングマスク、その作製方法、およびこのエッチングマスクを用いたエッチング方法並びに磁気ヘッドおよびその製造方法に関し、例えば読み出しヘッド部および書き込みヘッド部を有する複合型薄膜磁気ヘッドの書き込み磁極などの形成に用いられるものである。

【0002】

【従来の技術】近年、MR (Magnetoresistive)ヘッドなどのハードディスク装置用の磁気ヘッドや、各種半導体装置の小型化、薄膜化に伴い、より微細なパターンを形成する技術が要望されている。微細パターンの形成にはエッチングプロセスがある。このエッチングプロセスにおいて、高いエッチング精度を得るためには、完成後のパターンの側壁面がその下地層の表面に対して垂直となる方向性をもった異方性エッチングが要求される。このような例として、インダクティブ書き込みヘッド部と磁気抵抗効果読み出しヘッド部とを備えた複合型薄膜磁気ヘッドがある。この磁気ヘッドの書き込みヘッド部において安定した書き込みを行うためには、その書き込み磁極（上部ポール部）を加工形成する際に、基板方向へ垂直に異方性エッチングを行う必要がある。

【0003】異方性エッチングとしては、完全に化学反応によるウェットエッチングに比べて、反応性ガスプラズマあるいはそのイオンビームを利用して被加工物を気化して取り除くドライエッチングが適している。このドライエッチングを用いてパターンを形成する場合には、一般に、エッチングマスクとして感光性樹脂（レジスト）が使用されている。

【0004】ところで、このようなエッチングプロセスの問題の1つに、エッチングの対象となる被加工物のみならず、マスク自体も同時に削り取られてしまうという問題がある。特に、イオンビームを用いたドライエッチングでは、マスクとして感光性樹脂を用いた場合、イオンビームによる感光性樹脂マスクのエッチング速度が速く、しかも感光性樹脂は熱に弱いため変形し易いという問題があった。このような変形に対処するためには感光性樹脂膜を厚く形成すればよいが、膜厚を厚くすると、エッチングの異方性を維持することが難しく、微細なパターン形成には望ましくない。

【0005】このようなことから熱に弱い感光性樹脂膜に変えて、銅(Cu)などの金属材料（メタル）を利用してマスク（以下、メタルマスクという）を形成することも行われている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、メタルマスクを用いる場合には、マスク自体のエッチング速度を低下させることはできるものの、イオンビームの照射により依然としてマスク自体の上部および側壁面が被加工物と共に削り取られるという問題は残っている。図14(A)～(C)はその様子を表したものである。すなわち、図14(A)に示したように被加工物100上にメタルマスク101を形成したのち、イオンビームエッチングを行うと、同図(B)、(C)に示したようにイオンビーム102により被加工物100の表面が削り取られると同時に、メタルマスク101の上部および側壁面も削り取られる。その結果、バターンニングされた被加工物100の側壁面が垂直とはならず、その断面は同図(C)に示したように上部幅よりも下部幅の方が広い台形状となり、更には下地層との界面部分に丸みを持った形状となってしまう。

【0007】特に、上述のような複合型薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層上に形成される書き込み磁極（ポール部）の断面が台形状になったり、ギャップ層との間の界面部分に丸みを持った形状となると、磁束の漏れが発生して情報の読み取りおよび書き込みに影響を与えることとなる。従って、書き込み磁極層は、その上面が水平であり、かつ側壁面は垂直、すなわち断面が矩形状であることが望ましい。

【0008】なお、このようなことから被加工物とエッチング速度がほぼ同じ金属（例えばニッケル鉄合金）をマスク材料として用いる方法も提案されている（特開平3-252907号公報）。しかしながら、この方法においても、ドライエッチングによりマスク自体が削り取られて、その一部がマスク自体に再付着してしまうと共に、マスク自体の膜厚をかなり厚く（3～7μm）する必要があるなど、十分な異方性を確保することが困難であった。

【0009】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、ドライエッチングによる異方性エッチングを精度良く行うことができ、被加工物に断面が矩形形状のパターンを形成することが可能なエッチングマスクおよびその作製方法を提供することにある。

【0010】本発明は、また、このようなエッチングマスクを用いてドライエッチングにより被加工物に断面が矩形形状のパターンを形成することができるエッチング方法を提供することを第2の目的とする。

【0011】本発明は、更に、このようなエッチングマスクを用いて作製され、書き込み磁極における磁束漏れを抑制して安定して書き込みを行うことができる磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することを第3の目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明によるエッチングマスクは、被加工物を選択的にエッチングする際に用い

られるマスクであって、金属材料により形成されると共に、被加工物のパターン幅を決定する矩形状の第1の領域と、エッチング時において第1の領域の側壁面へのエッチングビームの照射を遮断する領域となる第2の領域とを含む断面形状を有するように構成したものである。このエッチングマスクの断面形状は、具体的にはT字形状であり、より具体的には、一方の端面が被加工物の表面に接触する縦バー部と、この縦バー部の他方の端面側に設けられた縦バー部より幅広の横バー部とからなり、縦バー部の幅により被加工物のパターン幅を決定する。なお、横バー部の縦バー部に対する位置は必ずしも縦バー部の他方の端面である必要はなく、縦バー部の他方の端面側であれば、その途中位置にあってもよい。

【0013】このエッチングマスクでは、イオンビームエッチング等のドライエッチングを行うと、照射されたイオンビーム等の照射により被加工物のマスクにより覆われていない領域が削り取られる。このとき同時に、エッチングマスク自体にもイオンビーム等が照射されるが、縦バー部（第1の領域）の壁面の横バー部（第2の領域）の影となる領域には直接当たることはない。また、縦バー部における横バー部の影となる部分以外の領域にはイオンビーム等が当り金属材料が飛散するが、その一部はイオンビーム等の照射位置のすぐ上の領域に再付着する。この再付着部の影となってその下の壁面へのイオンビーム等の照射が阻止され、これにより縦バー部の幅が変化することが抑制される。

【0014】本発明による第1のエッチングマスクの作製方法は、金属材料により形成されると共に、その断面が縦バー部および横バー部からなるT字形状のエッチングマスクを作製するための方法であって、被加工物上にマスク形成用膜を形成した後、マスク形成用膜に対して被加工物に達する所定の幅の開口を形成する工程と、マスク形成用膜の開口およびその周辺領域に対して金属膜を形成することによりエッチングマスクを作製した後、マスク形成用膜を除去する工程とを含むものである。

【0015】この第1のエッチングマスクの作製方法では、マスク形成用膜の膜厚をエッチングマスクの縦バー部の高さに合わせると共に、マスク形成用膜に形成する開口の幅をエッチングマスクの縦バー部の幅に合わせることで、縦バー部が所望の幅および高さを有するエッチングマスクが作製される。

【0016】本発明による第2のエッチングマスクの作製方法は、被加工物上に所定の厚さのマスク形成用膜を形成した後、マスク形成用膜の所定の幅領域に対して被加工物に達する程度の露光量で第1の露光を行う工程と、第1の露光を行った後に、マスク形成用膜の第1の露光領域よりも幅の広い領域に対して第1の露光よりも少ない露光量で第2の露光を行うことによりT字形状の露光領域を形成する工程と、マスク形成用膜の露光領域を選択的に除去してT字形状の開口を形成する工程と、

マスク形成用膜の開口に金属膜を形成することによりエッチングマスクを作製した後、マスク形成用膜を除去する工程とを含むものである。

【0017】この第2のエッチングマスクの作製方法では、マスク形成用膜の膜厚をエッチングマスクの高さに合わせると共に、前記マスク形成用膜の第1の露光により形成する開口の幅を縦バー部の幅、第2の露光により形成する開口の幅を横バー部の幅にそれぞれ合わせることで、縦バー部および横バー部共に所望の幅を有するT字形状のエッチングマスクが作製される。

【0018】本発明による第3のエッチングマスクの作製方法は、被加工物上に第1のマスク形成用膜を形成した後、第1のマスク形成用膜に被加工物に達する所定の幅の第1の開口を形成する工程と、第1の開口に金属膜を形成した後、第1のマスク形成用膜を除去する工程と、金属膜および被加工物上に第2のマスク形成用膜を形成した後、第2のマスク形成用膜に金属膜に達すると共に金属マスクより幅の広い第2の開口を形成する工程と、第2の開口に金属膜を形成して断面T字形状のエッチングマスクを作製した後、第2のマスク形成用膜を除去する工程とを含むものである。

【0019】本発明による第4のエッチングマスクの作製方法は、被加工物上に第1のマスク形成用膜を形成した後、第1のマスク形成用膜に被加工物に達する所定の幅の第1の開口を形成する工程と、第1の開口内に金属膜を形成した後、金属膜および第1のマスク形成用膜の上に第2のマスク形成用膜を形成し、第2のマスク形成用膜に金属膜に達すると共に金属膜より幅の広い第2の開口を形成する工程と、第2の開口に金属膜を形成して断面T字形状のエッチングマスクを作製した後、第1のマスク形成用膜および第2のマスク形成用膜を除去する工程とを含むものである。

【0020】第3または第4のエッチングマスクの作製方法では、第1のマスク形成用膜の膜厚をエッチングマスクの高さに合わせると共に、第1のマスク形成用膜に形成する第1の開口の幅を縦バー部の幅、第2のマスク形成用膜に形成する第2の開口の幅を横バー部の幅にそれぞれ合わせることで、縦バー部の高さおよび幅並びに横バー部の幅が所望の大きさのT字形状のエッチングマスクが作製される。

【0021】以上のエッチングマスクの作製方法では、金属膜の形成は無電解めっき等のめっき法により行うことが望ましい。

【0022】本発明によるエッチング方法は、金属材料により形成されると共に、その断面がT字形状のエッチングマスクを被加工物上に形成した後、このエッチングマスクを利用してイオンビームエッチング等のドライエッチングを行うことにより被加工物の微細加工を行うものである。この方法により、矩形状の断面を有する微細パターンが形成される。

【0023】本発明による磁気ヘッドは、第1の書き込み磁極、この第1の書き込み磁極に対応した第2の書き込み磁極、および第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極との間に介在するギャップ層を有するインダクティブ書き込みヘッド部を備え、第2の書き込み磁極は、その側壁面がギャップ層の表面に対して実質的に垂直な矩形状の断面を有するように構成されたものである。このような構成により、第1の書き込み磁極および第2の書き込み磁極によって、磁束漏れを生ずることなく書き込みがなされる。

【0024】本発明による他の磁気ヘッドは、第1の書き込み磁極、この第1の書き込み磁極に対応した第2の書き込み磁極、および第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極との間に介在するギャップ層を有するインダクティブ書き込みヘッド部を備え、第1の書き込み磁極の少なくとも一部、ギャップ層および第2の書き込み磁極が互いに同一幅に形成されると共に、それぞれその側壁面が下地層の表面に対して実質的に垂直な矩形状の断面を有するように構成されたものである。このような構成により、第1の書き込み磁極および第2の書き込み磁極によって、磁束漏れを生ずることなく書き込みがなされる。

【0025】本発明による更に他の磁気ヘッドは、第1の書き込み磁極、この第1の書き込み磁極に対応した第2の書き込み磁極、および第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極との間に介在するギャップ層を有するインダクティブ書き込みヘッド部を備え、ギャップ層および第1の書き込み磁極が、磁性材料により形成されると共にT字形状の断面を有するエッチングマスクを用いたドライエッチングにより形成されたものであり、かつ、エッチングマスクが第2の書き込み磁極であるように構成されたものである。このエッチングマスクにより構成される第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極とによって書き込みがなされる。

【0026】本発明による磁気ヘッドの製造方法は、第1の書き込み磁極、この第1の書き込み磁極に対応した第2の書き込み磁極および第1の書き込み磁極と第2の書き込み磁極との間に介在するギャップ層を有するインダクティブ書き込みヘッド部を備えた磁気ヘッドの製造方法において、第1の書き込み磁極となる層、ギャップ層および第2の書き込み磁極となる層をこの順で順次積層した後、第2の書き込み磁極となる層の上に、金属材料により形成されると共にT字形状の断面を有するエッチングマスクを作製する工程と、エッチングマスクを用いたドライエッチングにより、第2の書き込み磁極となる層を選択的に除去して断面を矩形状に加工する工程とを含むものである。

【0027】本発明による他の磁気ヘッドの製造方法は、第1の書き込み磁極となる層、ギャップ層および第2の書き込み磁極となる層をこの順で積層した後、第2

の書き込み磁極となる層の上に、金属材料により形成されると共にT字形状の断面を有するエッチングマスクを作製する工程と、エッチングマスクを用いたドライエッチングにより、第2の書き込み磁極となる層、ギャップ層、および第1の書き込み磁極となる層の中間深さまでの領域をこの順で選択的に除去して断面を矩形状に加工する工程とを含むものである。

【0028】本発明による更に他の磁気ヘッドの製造方法は、第1の書き込み磁極となる層およびギャップ層を積層した後、ギャップ層の上に、磁性材料により形成されると共にT字形状の断面を有し第2の書き込み磁極となるエッチングマスクを作製する工程と、エッチングマスクを用いたドライエッチングにより、ギャップ層、および第1の書き込み磁極となる層の中間深さまでの領域をこの順で選択的に除去して断面を矩形状に加工する工程とを含むものである。

【0029】以上の磁気ヘッドの製造方法では、エッチングマスクを作製する工程に本発明によるエッチングマスクの作製方法を適用することが望ましい。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0031】〔エッチングマスクおよびその作製方法〕まず、図1(A)を参照して本発明の一実施の形態に係るエッチングマスクの構成について説明する。このエッチングマスク11は、例えば鉄(Fe)系の金属により形成された被加工物10上に作製されるもので、金属材料により形成されると共に、幅W₁の縦バー部11aと幅W₂の横バー部11bとからなるT字形の断面を有している。ここで、縦バー部11aが本発明の第1の領域に対応し、エッチングビームによりエッチングされない領域となる。また、横バー部11bが本発明の第2の領域に対応し、縦バー部11aの側壁面へのエッチングビームの照射を遮断する領域となる。エッチングマスク11を構成する金属材料としては、パーマロイ(ニッケル鉄)(NiFe)、ニッケルボロン(NiB)、ニッケルリン(NiP)、銅(Cu)、金(Au)、コバルト(Co)またはタンタル(Ta)を含有する合金、その他各種の金属が挙げられるが、特に、被加工物が金属である場合には、めっき法により形成できる上記の金属とすることが望ましい。なお、パーマロイなどの磁性材料によりエッチングマスク11を形成すると、後述のようにこのエッチングマスク自体を磁極として利用することが可能になる。

【0032】このエッチングマスク11を用いて加工される被加工物10は、磁性体などの金属薄層、無機化合物薄膜、有機化合物薄膜の他、ガラス、その他半導体など各種材料により形成された膜、基板等であってもよい。これらの被加工物10では後述のめっき法として無電解めっき法を採用することによりエッチングマスクを

形成することができる。具体的には、例えば、半導体ウエハ上に形成された電極層である。電極層としては、例えば銅(Cu)、金(Au)、パーマロイ(NiFe)、鉄(Fe)など各種金属により形成することができるが、磁気ディスク装置においては、主に、高磁束密度(Hi-Bs)をもつ鉄系の金属により形成されたものが挙げられる。

【0033】本実施の形態のエッチングマスク11は、特に、5.0 μ m以下の微細パターンの形成に適している。このエッチングマスク11の縦バー部11aの幅は形成されるパターン幅により決定されるが、その高さは例えば0.5~5.0 μ m、横バー部11bの幅は例えば0.5~1.5 μ m、横バー部11bの厚さは例えば0.5~2.0 μ mとすることが望ましい。

【0034】次に、図1(A)~図1(D)を参照してこのエッチングマスク11の作用について説明する。

【0035】図1(A)に示したようにエッチングマスク11を用いてドライエッチング、例えばイオンビームエッチングを行うと、照射されたイオンビーム12により被加工物10の表面のエッチングマスク11により覆われていない領域が選択的に削り取られる。同時に、エッチングマスク11自体の横バー部11bも削り取られる。縦バー部11aでは、横バー部11bの影になる領域があるため、その領域はイオンビーム12により削り取られることはない。一方、縦バー部11aのうち、横バー部11bの影となる部分以外の領域にはイオンビーム12が照射され、金属材料が削り取られる。しかし、この縦バー部11aの壁面には、被加工物10から削り取られた金属材料が付着することに加え、縦バー部11aから削り取られて飛散した金属材料の一部が図1

(B)~(D)に示したように縦バー部11aのイオンビーム12の照射位置のすぐ上の領域に再付着する。このため縦バー部11aの幅が部分的に大きくなる。ここで、縦バー部11aの壁面のうち、金属材料が再付着した部分(以下、再付着部13という)より下の領域は、再付着部13の影となるため、イオンビーム12が直接に当たることがなくなる。

【0036】すなわち、このエッチングマスク11では、縦バー部11aに対して、横バー部11bによる影の領域が形成されると共に、飛散した金属材料の再付着部13によっても影の領域が形成されることにより、エッチングが進行しても、パターン幅を決定する縦バー部11aの被加工物10との界面の近傍領域の幅は変化することがない。なお、エッチングマスク11の横バー部11b自体は、削り取られてその幅および厚さが縮小する方向に変化するが、パターン幅の決定には寄与しないため問題はない。従って、図1(D)に示したように、エッチング加工された後の被加工物10のパターン10aはその上部幅と下部幅とが共にエッチングマスク11の縦バー部11aの幅W、と実質的に同じ幅となる。す

なわち、パターン10aの側壁面が垂直であり、断面形状が矩形となる。このようにT字断面を有するエッチングマスク11を用いることにより、ドライエッチングによる異方性エッチングを確実に実現することができる。

【0037】ところで、イオンビームエッチング装置では、イオンビーム12を水平方向に照射する方式のものがある。このような方式のイオンビームエッチング装置では、被加工物10を図2(A)に示したように鉛直に設置(エッチング角度 $\theta=0^\circ$)したり、図2(B)に示したように被加工物10の表面が上面となる($\theta=+45^\circ$)ように設置すると、雰囲気中に発生した塵が被加工物10の表面に落下してしまう。従って、本実施の形態によるエッチングマスク11を用いたエッチングプロセスでは、図2(C)に示したように、被加工物10をその表面が下面となるように(例えば $\theta=-45^\circ$)設置し、落下した塵が被加工物10に付着しない態様とすることが望ましい。

【0038】本実施の形態のエッチングマスク11を用いたドライエッチング方法としては、上述のイオンビームエッチングの他、プラズマエッチングや反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching:RIE)などの方法も適用することができる。但し、反応性ガスを用いたプラズマエッチングや反応性イオンエッチングでは、被加工膜が、例えば後述のような磁気ヘッドの書き込みヘッド部を構成する多層膜の場合、反応性ガスの影響により各層のエッチング状態に変化が生ずる可能性がある。従って、被加工膜が多層膜の場合には、不活性ガスを用いた反応性の無いイオンビームエッチングによることが望ましい。

【0039】イオンビームエッチングの場合、エッチングガスとしては、酸素(O_2)、アルゴン(Ar)、窒素(N_2)、水素(H_2)の他、四フッ化炭素(CF_4)などのハロゲン系ガスが用いられる。雰囲気圧力は 10^{-2} Pa程度が望ましく、電力の上限は1000V、800mA、エッチング時間は膜厚、金属の材質により異なるが、10~60分、被加工物10に対するイオンビームの入射角度(エッチング角度)は $0\sim90^\circ$ の範囲で行うことが望ましい。

【0040】次に、このエッチングマスク11の作製方法として4つのプロセスについて説明する。なお、以下の説明では、各プロセスでの同一構成部分については、同一符号を付して説明する。

【0041】〔第1の作製方法〕まず、図3(A)に示した電極膜等の被加工物10上に、図3(B)に示したように、例えば膜厚2~5 μ mの感光性樹脂膜14を塗布形成する。感光性樹脂膜14としては例えばノボラック系のポジ形のレジストが用いられる。次に、図3(C)に示したように、感光性樹脂膜14を露光し現像することにより、エッチングマスク11の縦バー部の幅W、と同じ幅の開口14aを有するパターンを形成す

る。続いて、図 3 (D) に示したように、この感光性樹脂膜 14 の開口 14 a およびその周辺領域にめっきを行いめっき膜 15 を形成する。その後、感光性樹脂膜 14 をアセトン等により被加工物 10 から剥離、除去することにより、図 3 (E) に示したような T 字断面を有するエッチングマスク 11 を得ることができる。

【0042】めっき方法としては、無電解めっき法および電解めっき法のいずれも適用することが可能である。このうち無電解めっき法は、電解めっき法に比べて設備が簡便であるという利点がある。なお、この方法では、めっき液の温度および pH (水素イオン濃度指数) を適切に調整することにより、膜成長速度が低下し、微細パターンが形成される。これにより硬度の高いエッチングマスクを得ることができ、更に、その膜厚を高精度で制御することができる。

【0043】また、めっきの下地となる被加工膜が鉄系の材料により形成されている場合には、適切な前処理を施すことにより、めっき面の回り込みを大幅に改善することができる。前処理としては、被加工膜が形成された半導体ウェハを、例えば 4.5% 塩酸 (HCl) 溶液に約 1.5 分間浸漬させて、めっき面にぬれ性を与える方法が挙げられる。

【0044】めっき液の pH としては、pH 7.0 以下が好ましく、より好ましくは pH 5.0~6.8 の範囲であり、この範囲であればエッチングマスクとして十分な硬度が得られる。

【0045】なお、図 3 (D) の工程において、めっき膜 15 の感光性樹脂膜 14 の表面からの厚さは、前述の横バー部 11 b がイオンビーム 12 によるエッチングで全て削り取られないように、所定厚さ (例えば 1.0 μ m) 以上とする。めっき層 15 の厚さは、めっき液の温度やめっき時間 (例えば 1~30 分) によって調整することができる。めっき液の温度は、感光性樹脂膜 14 が変形しないように熱的影響を考慮して 50~90℃、好ましくは 60℃ とする。なお、めっき時間は温度との関係を考慮して決定する。

【0046】この第 1 の作製方法では、比較的少ないプロセスで、容易にエッチングマスク 11 を作製することができるという利点がある。

【0047】〔第 2 の作製方法〕本方法では、図 4 (A) に示した被加工層 10 上に、図 4 (B) に示したように、エッチングマスクの高さに対応した膜厚、例えば 2~5 μ m の膜厚を有する感光性樹脂膜 16 を塗布形成する。感光性樹脂膜 16 としては例えばノボラック系のポジ形のレジストが用いられる。次に、図 4 (C) に示したように、感光性樹脂膜 16 のエッチングマスクの幅 (縦バー部) W₁ と同じ幅の領域 16 a に対して選択的に露光 (第 1 の露光) を行い、次いで図 4 (D) に示したように、感光性樹脂膜 16 のエッチングマスクの幅 (横バー部) W₂ と同じ幅の領域 16 b に対して第 1 の

露光よりは少ない露光量で露光 (第 2 の露光) を行う。具体的には、例えば、第 1 の露光の 1/100 程度とする。これにより露光領域が T 字形状となる。

【0048】次に、この露光領域を現像することにより図 5 (A) に示したように感光性樹脂膜 16 に T 字形状の開口 16 c を形成する。続いて、図 5 (B) に示したように第 1 の方法と同様にめっきを行い、感光性樹脂膜 16 の開口 16 c に T 字形状のめっき膜 17 を形成する。その後、感光性樹脂膜 16 をアセトン等により被加工物 10 から剥離、除去することにより、図 5 (C) に示したような T 字断面を有するエッチングマスク 11 を得ることができる。

【0049】この第 2 の作製方法では、第 1 の方法よりは工程数は増加するものの、第 1 の方法に比べて、エッチングマスク 11 の縦バー部 11 a および横バー部 11 b の各幅の大きさを精度良く調整できるという利点がある。

【0050】〔第 3 の作製方法〕本方法では、第 1 の方法と同様に、図 6 (A) に示した被加工層 10 上に、図 6 (B) に示したようにエッチングマスクの縦バー部 11 a の高さに対応した膜厚、例えば 2~5 μ m の膜厚を有する感光性樹脂膜 14 を塗布形成する。次に、図 6 (C) に示したように、感光性樹脂膜 14 を露光し現像することにより、エッチングマスクの幅 (縦バー部) W₁ と同じ幅の開口 14 a を有するパターンを形成する。続いて、図 6 (D) に示したように、第 1 の方法と同様のめっき処理を行い、感光性樹脂膜 14 の開口 14 a 内にめっき膜 18 a を形成する。その後、図 6 (E) に示したように、アセトン等により感光性樹脂膜 14 を被加工物 10 から剥離し除去する。

【0051】次に、図 7 (A) に示したように、エッチングマスクの高さ以上の膜厚、例えば膜厚 2.5~7 μ m の感光性樹脂膜 19 を塗布形成する。続いて、図 7 (B) に示したように、感光性樹脂膜 19 を露光し現像することにより、エッチングマスクの幅 (横バー部) W₂ と同じ幅の開口 19 a を有するパターンを形成する。続いて、図 7 (C) に示したようにめっき処理を行い、感光性樹脂膜 19 の開口 19 a 内にめっき膜 18 b を形成する。その後、図 7 (D) に示したように、アセトン等により感光性樹脂膜 19 を被加工物 10 から剥離し除去する。これにより T 字断面を有するエッチングマスク 11 を得ることができる。

【0052】この第 3 の方法では、第 1 および第 2 の方法よりは工程数は増加するものの、エッチングマスク 11 の縦バー部 11 a の高さおよび幅、並びに横バー部 11 b の幅の大きさをそれぞれ精度良く調整することが可能となる。

【0053】〔第 4 の作製方法〕第 4 の作成方法では、前述の図 6 (A) から同図 (D) 迄の工程は第 3 の方法と同じであるので、その説明は省略する。本方法では、

図6(D)の工程において、感光性樹脂膜14の開口14a内にめっき膜18aを形成した後、図8(A)に示したように、横バー部11bの厚さ以上の膜厚、例えば膜厚1~5 μ mの感光性樹脂膜14'を塗布形成する。続いて、図8(B)に示したように、感光性樹脂膜14'を露光し現像することにより、エッチングマスクの幅(横バー部)W₁と同じ幅の開口14'aを有するパターンを形成する。続いて、図8(C)に示したように、めっき処理を行い、感光性樹脂膜14の開口14'a内にめっき膜18bを形成する。その後、図8(D)に示したように、アセトン等により感光性樹脂膜14'を被加工物10から剥離し除去する。これによりT字断面を有するエッチングマスク11を得ることができる。

【0054】この第4の方法では、第3の方法と同様に、エッチングマスク11の縦バー部11aの高さおよび幅、並びに横バー部11bの幅の大きさをそれぞれ精度良く調整することが可能となる。なお、第3の方法では、1層目の感光性樹脂膜14を剥離した後、図7

(A)に示したように、縦バー部11aに対応するめっき膜18aを覆うように感光性樹脂膜19を形成するようにしている。そのため、横バー部11bを形成するための2回目の露光時に、感光性樹脂膜19の縦バー部11aに対応する部分(側壁部分)まで反応し、めっき膜18aすなわち縦バー部11aの高さを維持することができなくなる虞がある。従って、感光性樹脂膜19としては、感光性樹脂膜14がポジ型の場合には逆のネガ型に変更する必要がある。これに対して、第4の方法では、1層目の感光性樹脂膜14を除去することなく、2層目の感光性樹脂膜14'を形成しているため、2回目の露光の際に1層目の感光性樹脂膜14が反応する虞はない。よって、めっき膜18aすなわち縦バー部11aの高さは、感光性樹脂膜14の厚さにより精度良く維持される。

【0055】以上の方法により作製されたエッチングマスクは、各種デバイスの微細加工に適用できるが、特に、磁気ヘッドの製造に有効である。

【0056】〔磁気ヘッドおよびその製造方法〕以下、その磁気ヘッドの一例として、複合型薄層磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。

【0057】図11はこの複合型磁気ヘッドの断面構成の一例を表すものである。この磁気ヘッド20は、再生用の磁気抵抗効果読み出しヘッド部(以下、読み出しヘッド部という)20Aと、記録用のインダクティブ書き込みヘッド部(以下、書き込みヘッド部という)20Bとを有している。なお、図11ではこれら読み出しヘッド部20Aおよび書き込みヘッド部20Bがこの順に積層されており、この積層体がスライダ(図示せず)上に積層して搭載されている。但し、この積層体の積層順序はこれに限定されない。

【0058】読み出しヘッド部20Aは、例えばアルテ

ィック(A1, O, TiC)からなる基板21上に、例えば酸化アルミニウム(A1, O₂)により形成された膜厚5 μ mの下地膜22、例えば珪化鉄アルミニウム(FeAlSi)により形成された膜厚2 μ mの下部シールド層23、例えば酸化アルミニウム(A1, O₂)により形成された膜厚0.1 μ mのギャップ層24を順次介して磁気抵抗効果層(以下、MR層という)25のパターンを形成したものである。ギャップ層24上には例えばタンタル(Ta)やタングステン(W)等のMR層に拡散しない材料により形成されたリード端子層25aが形成されており、このリード端子層25aがMR層25に電気的に接続されている。MR層25は、例えばパーマロイ(NiFe合金)やニッケル(Ni)-コバルト(Co)合金など磁気抵抗効果を有する各種材料により形成されている。なお、このMR層25は、異方性磁気抵抗効果膜の他、スピンバルブ層やトンネル接合効果膜等で代表される巨大磁気抵抗効果膜を利用したものなど、各種のものを適用することができる。

【0059】書き込みヘッド部20Bは、この読み出しヘッド部20A上に、例えば酸化アルミニウム(A1, O₂)により形成された膜厚0.1 μ mのギャップ層26、例えばパーマロイ(NiFe)により形成された膜厚3 μ mの上部シールド層27、例えば酸化アルミニウム(A1, O₂)により形成された膜厚0.3 μ mのギャップ層28を介して上部書き込み磁極(上部ポール部)29aを形成したものである。なお、本実施の形態では、この上部書き込み磁極29aが第2の書き込み磁極に対応している。上部書き込み磁極29aは例えばパーマロイ(NiFe)により形成されている。ギャップ層28および上部書き込み磁極29aは、図示しないが例えば酸化アルミニウム(A1, O₂)等の絶縁層により覆われている。なお、この書き込みヘッド部20Bでは、上部書き込み磁極29aに対向する下部書き込み磁極(下部ポール部)27aは、上部シールド層27の表面部分を一部突状に加工することにより、上部書き込み磁極29aおよびギャップ層28と同じ幅、すなわち、その側壁面が下地層(ここでは上部シールド層27)に対して実質的に垂直に形成され、矩形断面を有する構成となっている。なお、本実施の形態では、この下部書き込み磁極27aが第1の書き込み磁極に対応している。

【0060】この磁気ヘッド20では、読み出しヘッド部20Aにおいて、MR層25の磁気抵抗効果を利用して図示しない磁気ディスクから情報の読み出しが行われると共に、書き込みヘッド部20Bにおいて、上部書き込み磁極29aと下部書き込み磁極27aとの間の磁束の変化を利用して磁気ディスクに対して情報が書き込まれる。ここで、書き込みヘッド部20Bでは、上部書き込み磁極29a、ギャップ層28および下部書き込み磁極27aの各側壁面がそれぞれ下地層に対して垂直に加工されているため磁束漏れがなく、安定した書き込み作業

が行われる。

【0061】続いて、図9(A)～(C)ないし図11を参照して上記磁気ヘッド20の製造方法について説明する。

【0062】まず、図9(A)に示したように、例えばアルティック($Al_2O_3 \cdot TiC$)からなる基板21上に、例えば酸化アルミニウム(Al_2O_3)からなる下地層22、例えば珪化鉄アルミニウム($FeAlSi$)からなる下部シールド層23、例えば酸化アルミニウム(Al_2O_3)からなるギャップ層24、およびパーマロイ($NiFe$)からなるMR層25を順次形成すると共に、このMR層25に電氣的に接続されるようにタンタル(Ta)からなるリード端子層25aを形成して、読み出しヘッド部20Aを作製する。続いて、この読み出しヘッド部20A上に、例えば酸化アルミニウム(Al_2O_3)からなるギャップ層26、例えばパーマロイ($NiFe$)からなる下部書き込み磁極を兼ねた上部シールド層27を形成する。続いて、図9(B)に示したように上部シールド層27上に例えば酸化アルミニウム(Al_2O_3)からなるギャップ層28を形成し、このギャップ層28上に図9(C)に示したように例えばパーマロイ($NiFe$)からなる上部書き込み磁極層29を形成する。以上はスパッタリング法等の層形成方法およびフォトリソグラフィ技術などの公知の技術を用いて容易に形成することができる。

【0063】上部書き込み磁極層29を形成した後、本実施の形態では、前述のいずれかの方法により、図10(A)に示したようにエッチングマスク11を作製する。続いて、このエッチングマスク11を利用して、ドライエッチング例えばイオンビームエッチングにより、破線で示したように上部書き込み磁極層29およびギャップ層28、更に上部シールド層27の表面領域まで選択的に除去する。これにより図10(B)に示したように、エッチングマスク11の幅 W_1 、と同じ幅の上部書き込み磁極層29aが形成されると共に、下部書き込み磁極層27aが自己整合的に上部書き込み磁極層29aと同一の幅をもって形成される。その後、エッチングマスク11を剥離液に浸透させることにより上部書き込み磁極層29aから剥離させると、図11に示した磁気ヘッド20を得ることができる。

【0064】このように本実施の形態では、T字形の断面を有するエッチングマスク11を用いることにより、エッチングマスク11の幅 W_{1A} と同じ幅で、かつ断面が矩形の上部書き込み磁極層29aおよび下部書き込み磁極層27aを備えた磁気ヘッド20を製造することができる。

【0065】次に、図12(A)、(B)を参照して他の構成の磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。なお、上記磁気ヘッド20と同一構成部分については、同一符号を付して説明する。

【0066】この磁気ヘッド30では、図12(B)に示したように、上部書き込み磁極層29aのみが突状に形成され、その側壁面がギャップ層28の表面に対して実質的に垂直な矩形断面となっている。上部書き込み磁極層29aに対向する下部書き込み磁極層は上部シールド層27が兼ねている。その他の構成は上記磁気ヘッド20と同じである。

【0067】この磁気ヘッド30においても、書き込みヘッド部20Bでは、上部書き込み磁極層29aの側壁面が下地層(ギャップ層28)に対して垂直に加工されているため、磁束漏れがなく、安定した書き込み作業が行われる。

【0068】この磁気ヘッド30は次のような工程により製造することができる。なお、図9(A)～(C)迄の工程は上記方法と同様であるので、その説明は省略する。ここでは、図9(C)の工程において上部書き込み磁極層29を形成したのち、この上部書き込み磁極層29上に図12(A)に示したようにエッチングマスク11を作製する。続いて、このエッチングマスク11を利用して、イオンビームエッチングを行い破線で示したように上部書き込み磁極層29のみを選択的に除去して上部書き込み磁極層29aを形成し、そののちエッチングマスク11を除去する。これにより、図12(B)に示したような、エッチングマスク11の幅 W_1 、と同じ幅の上部書き込み磁極層29aを有する磁気ヘッド30を得ることができる。

【0069】図13(A)、(B)は更に他の構成の磁気ヘッド40および製造方法を表すものである。なお、上記磁気ヘッド20と同一構成部分については、同一符号を付して説明する。

【0070】磁気ヘッド40は、磁性材料により形成されたエッチングマスク11Aそのものを上部書き込み磁極として利用するものであり、これより製造プロセスを簡略化することができる。

【0071】この磁気ヘッド40は以下のようにして製造することができる。図13(A)に示したように、図9(A)、(B)の工程と同様に、基板21上に読み出しヘッド部20Aを作製し、更に、この読み出しヘッド部20A上にギャップ層26、下部書き込み磁極を兼ねた上部シールド層27、ギャップ層28を形成する。次いで、このギャップ層28上に、磁性材料、例えばパーマロイ($NiFe$)からなるエッチングマスク11Aを形成する。次いで、エッチングマスク11Aを利用して、ドライエッチング例えばイオンビームエッチングにより、破線で示したようにギャップ層28および上部シールド層27の表面領域まで選択的に除去する。これにより図13(B)に示したように、エッチングマスク11Aの幅 W_1 、と同じ幅の下部書き込み磁極層27aが形成される。この磁気ヘッド40では、下部書き込み磁極層27aに対向する上部書き込み磁極として、エッチン

グマスク11Aを残存させてそのまま利用する。但し、この例では、エッチングマスク11Aの横バー部11bの幅が縦バー部11aの幅に比べて広過ぎると磁束漏れの虞があるので、横バー部11bの幅をできるだけ狭く、例えば $0.5\mu\text{m}$ 程度にすることが望ましい。あるいは、ギャップ層28に接する縦バー部11aの一部を高磁束密度(Hi-Bs)材により形成するようにしてもよい。

【0072】

【実施例】図3(A)～(E)に示した第1の方法によりエッチングマスクを作製した。すなわち、NiFe(Ni18wt%)膜(膜厚 $0.5\mu\text{m}$)/SiO₂膜(膜厚 $0.25\mu\text{m}$)/NiFe(Ni18wt%)膜(膜厚 $0.5\mu\text{m}$)の3層構造の電極層が形成された半導体ウェハ上に、膜厚が $5.0\mu\text{m}$ で幅 $1.0\mu\text{m}$ の開口を有するレジストパターンを形成し、めっき処理を施した。まず、前処理として、半導体ウェハを4.5%塩酸(HCl)溶液に2分間浸漬させた。続いて、温度が 50°C に保持されたpH6.0の純水希釈めっき溶液(NiB無電解めっき液)中に25分間浸漬させることにより、膜厚 $2.0\mu\text{m}$ のめっき膜を形成した。このめっき膜の組成は、Niが99%、Bが1%であった。このめっき膜により形成されたエッチングマスクを用いてイオンビームエッチングを、上記3層構造の電極層の各層が選択的に削り取られるまでを行い、その後アセトンでレジスト膜を除去した。イオンビームエッチングの条件は、 $2.2\times 10^{-2}\text{Pa}$ 、電力1000V、400A、エッチング角度 θ (図2(C)参照) $=-20^{\circ}$ で行い、エッチング時間は20分であった。また、同じ条件で、従来の矩形状のエッチングマスクを用いてエッチングを行った。

【0073】得られたパターンをレーザ顕微鏡により観察すると、従来のエッチングマスクによるパターン形状が上部に曲面部を有する形状であるのに対して、T字形状のエッチングマスクによるパターン形状は矩形状であった。

【0074】以上実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態等に限定されるものではなく種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、本発明のエッチングマスクを用いて、磁気抵抗効果読み出しヘッド部およびインダクティブ書き込みヘッド部を備えた磁気ヘッドを製造する例について説明したが、その他の種類の磁気ヘッド、更には磁気ヘッド以外の各種デバイスの製造についても適用できることはいうまでもない。

【0075】また、上記実施の形態ではエッチングマスクを作製する際に、マスク形成用膜として光露光用の感光性樹脂膜(レジスト)を用いるようにしたが、その他、電子線に反応する感電子樹脂膜等を用いて作製するようにしてもよい。

【0076】更に、上記実施の形態ではエッチングマ

スクの形状を完全なT字形として説明したが、その他の形状、例えば縦バー部の一部が横バー部から突出した形状(すなわち、十字形)でもよく、また、T字形状を多少変形した形状であってもよい。要は、実質的に被加工物のパターン幅を決定する領域(第1の領域)、および、エッチング時において、この第1の領域の側壁面に対してイオンビームを遮断する領域(第2の領域)を有する断面形状とすればよい。

【0077】また、エッチングマスクの作製方法は上記第1～第4の方法に限定されるものではなく、その他の方法でもよい。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし請求項4のいずれかに記載のエッチングマスクによれば、マスク自体を金属材料により形成すると共に、被加工物のパターン幅を決定する矩形状の第1の領域と、エッチング時において第1の領域の側壁面へのエッチングビームの照射を遮断する領域となる第2の領域とを含む断面形状を有するように構成したので、ドライエッチングによって被加工物に対して断面が矩形状のパターンを精度良く形成することができるという効果を奏する。

【0079】また、請求項5ないし請求項13のいずれかに記載のエッチングマスクの作製方法によれば、T字断面形状のエッチングマスクを容易に作製することができる。特に、請求項5または6記載のエッチングマスクの作製方法では、製造プロセスが簡略化され、請求項7ないし11のいずれかに記載のエッチングマスクの作製方法では、マスクの大きさを精度良く調整することが可能になるという効果を奏する。

【0080】更に、請求項14記載のエッチング方法によれば、T字形状の断面を有するエッチングマスクを用いてドライエッチングを行うようにしたので、精度良い微細加工を行うことができる。

【0081】また、請求項16ないし請求項19のいずれかに記載の磁気ヘッドによれば、第1の書き込み磁極が、その側壁面が下地面に対して実質的に垂直な矩形状の断面を有しているので、書き込み磁極における磁束漏れが抑制され、安定した書き込み作業を行うことができる。

【0082】また、請求項20ないし請求項26のいずれかに記載の磁気ヘッドの製造方法によれば、T字形状の断面を有するエッチングマスクを用いて微細加工を行うようにしたので、その側壁面が下地面に対して実質的に垂直な矩形状の断面を有する第1の書き込み磁極を備えた磁気ヘッドを容易に形成することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係るエッチングマスクの構成および作用を説明するための工程毎の断面図である。

【図2】図1に示したエッチングマスクを用いたエッチング方法を説明するための図である。

【図3】図1に示したエッチングマスクの第1の作製方法を説明するための工程毎の断面図である。

【図4】図1に示したエッチングマスクの第2の作製方法を説明するための工程毎の断面図である。

【図5】図4(D)の工程に続く工程毎の断面図である。

【図6】図1に示したエッチングマスクの第3の作製方法を説明するための工程毎の断面図である。

【図7】図5(E)の工程に続く工程毎の断面図である。

【図8】図1に示したエッチングマスクの第4の作製方法を説明するための工程毎の断面図である。

【図9】図1に示したエッチングマスクを用いた磁気ヘッドの製造方法を説明するための工程毎の断面図である。

【図10】図9(C)の工程に続く工程毎の断面図である。

【図11】図10(B)の工程の後に得られる磁気ヘッド*20

*Dの断面図である。

【図12】図1に示したエッチングマスクを用いた他の磁気ヘッドの製造方法を説明するための工程毎の断面図である。

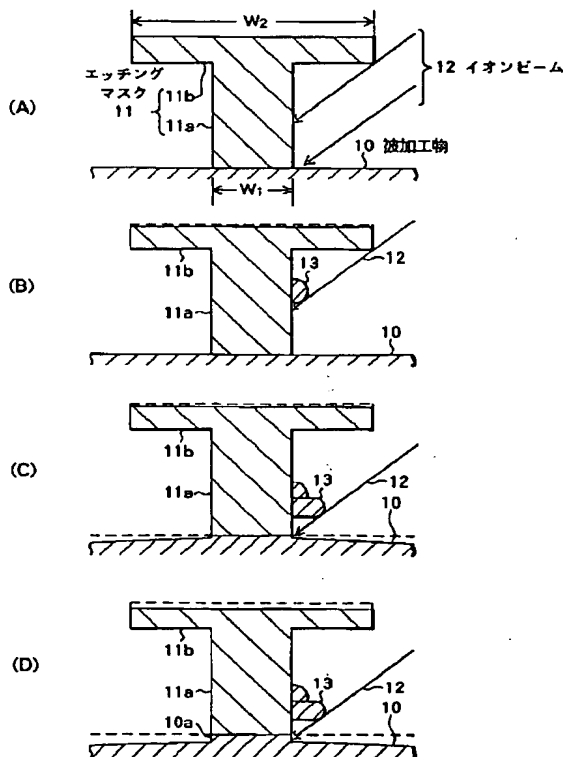
【図13】図1に示したエッチングマスクを用いた更に他の磁気ヘッドの製造方法を説明するための工程毎の断面図である。

【図14】従来のエッチングマスクを用いたエッチング方法を説明するための工程毎の断面図である。

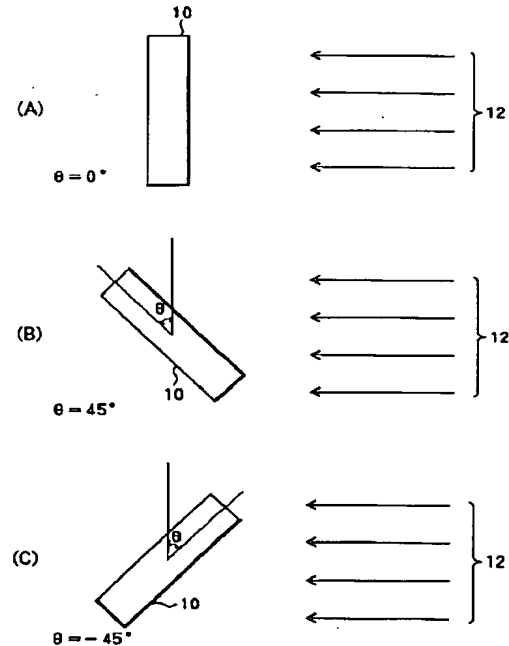
10 【符号の説明】

10…被加工物、11…エッチングマスク、11a…縦バー部、11b…横バー部、12…イオンビーム、13…再付着部、20、30、40…磁気ヘッド、20A…磁気抵抗効果読み出しヘッド部、20B…インダクティブ書き込みヘッド部、21…基板、22…下地膜、23…下部シールド層、24、26、28…ギャップ層、25…磁気抵抗効果層(MR層)、27…上部シールド層、27a…下部書き込み磁極(第1の書き込み磁極、下部ポール部)、29…書き込み磁極層、29a…上部書き込み磁極(第2の書き込み磁極、上部ポール部)

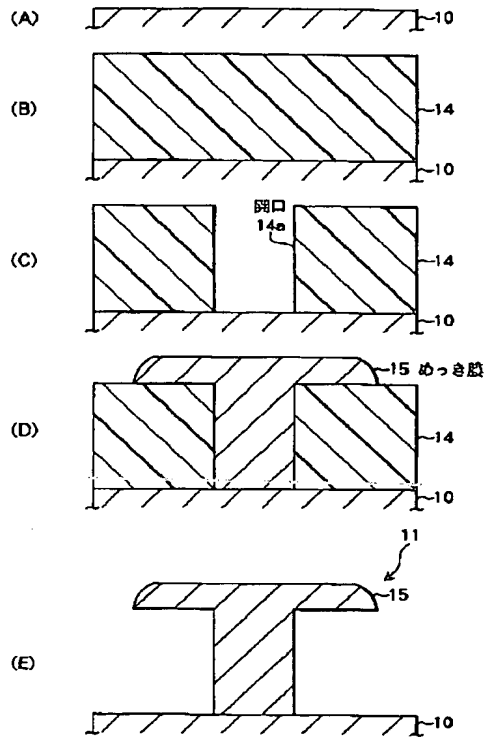
【図1】



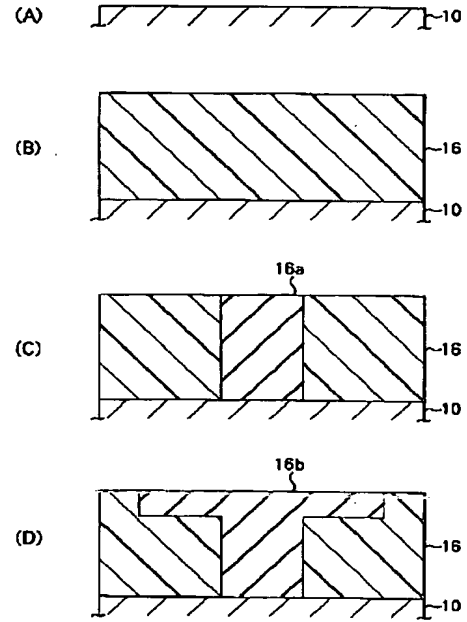
【図2】



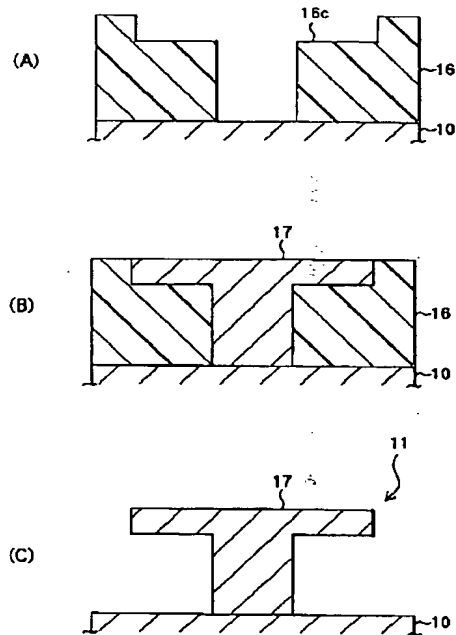
【図3】



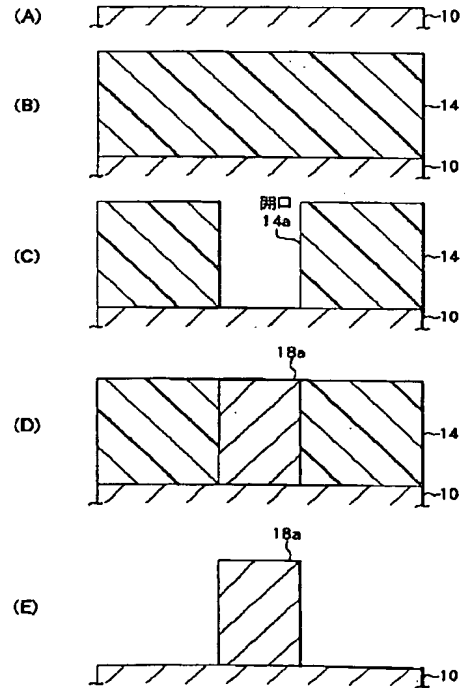
【図4】



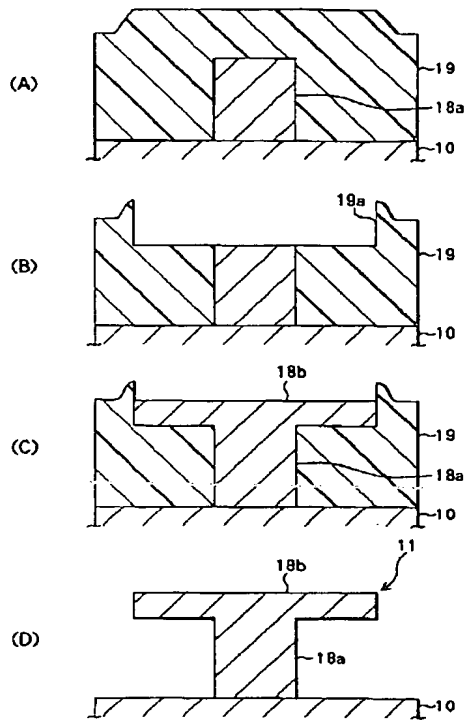
【図5】



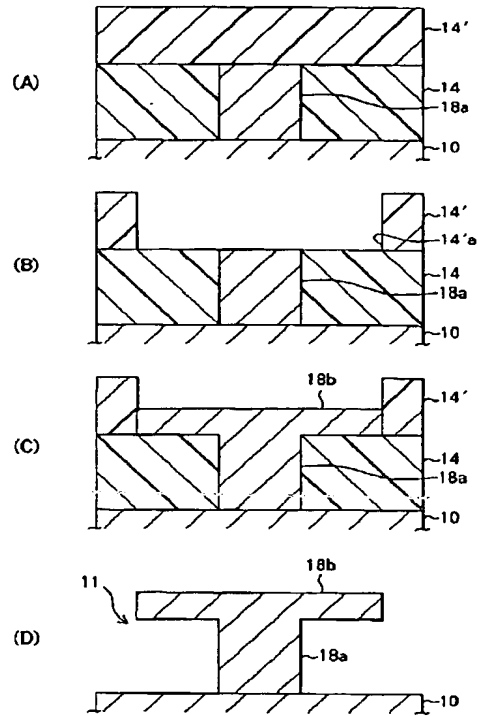
【図6】



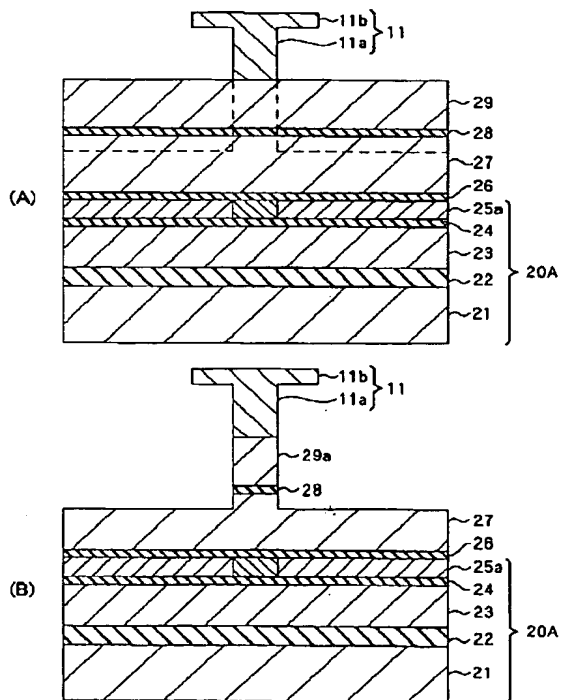
【図 7】



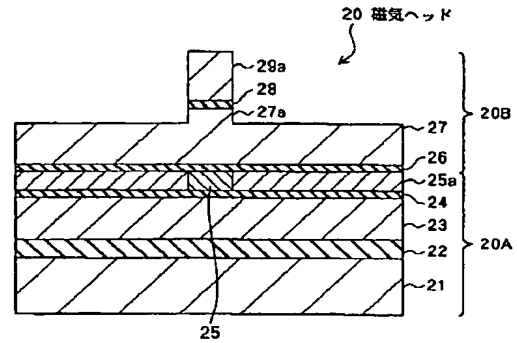
【図 8】



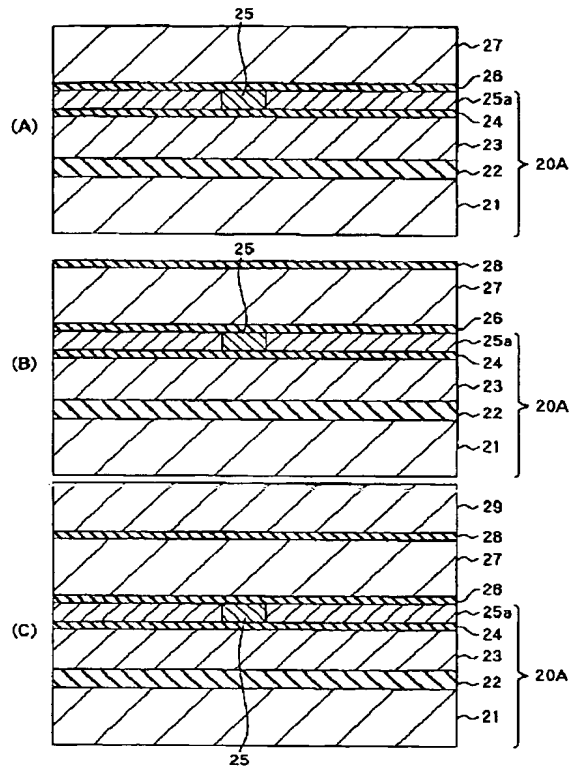
【図 10】



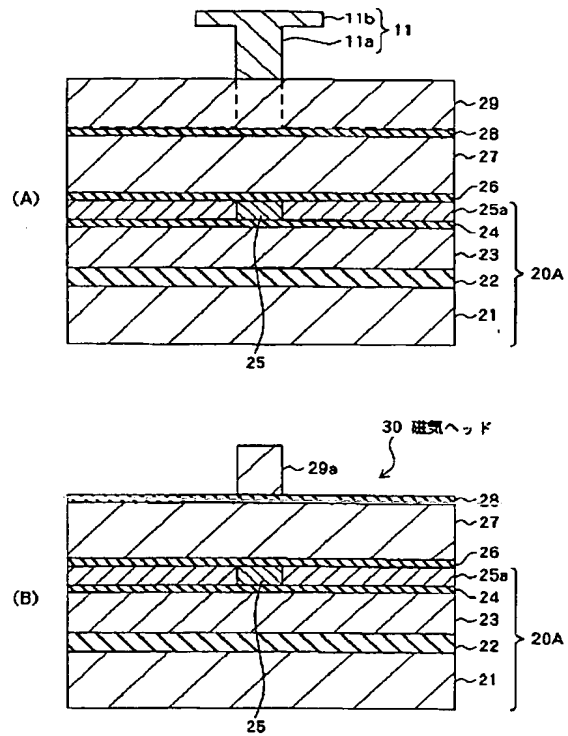
【図 11】



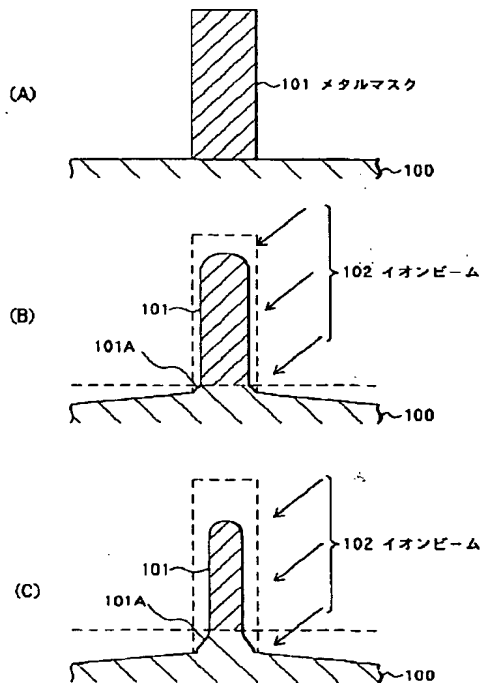
【図9】



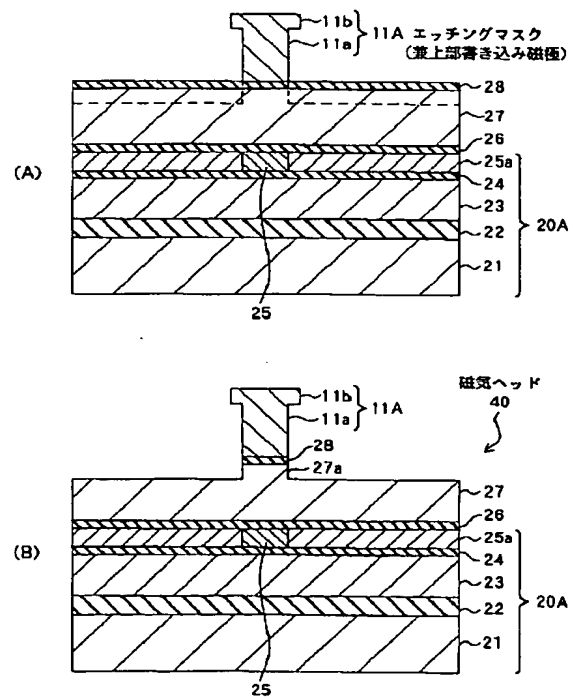
【図12】



【図14】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/3065

識別記号

F I
H 0 1 L 21/302

J